УЗАГАЛЬНЕННЯ НЕПЕРЕРВНОЇ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ ПРЕЦЕСІЙНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА

Плаксій Ю.А.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Для отримання коректних оцінок похибок алгоритмів визначення орієнтації на етапі проектування систем безплатформеної орієнтації рухомого об'єкту застосовують аналітичні еталонні моделі обертання твердого тіла. Найбільш поширеними моделями є моделі конічного обертання і регулярної прецесії, в яких кватерніон орієнтації і квазікоординати (прирости уявних поворотів на такті обчислень) представляються неперервними явними функціями часу. В моделі регулярної прецесії кватерніон орієнтації має вигляд:

$$\lambda_0(t) = \cos(\theta/2)\cdot\cos((\nu+\mu)t/2);\ \ \lambda_1(t) = \sin(\theta/2)\cdot\cos((\nu-\mu)t/2);$$
$$\lambda_2(t) = -\sin(\theta/2)\cdot\cos((\nu-\mu)t/2);\ \ \lambda_3(t) = \cos(\theta/2)\cdot\sin((\nu+\mu)t/2), \tag{1}$$

де θ, ν, μ – постійні величини. Очевидно, що модельний кватерніон (1) є окремим випадком кватерніона орієнтації, записаного в функціях подвійних кутів Ейлера:

$$\lambda_0(t) = \cos\theta(t)\cdot\cos((\nu(t)+\mu(t));\ \ \lambda_1(t) = \sin\theta(t)\cdot\cos((\nu(t)-\mu(t));$$
$$\lambda_2(t) = \sin\theta(t)\cdot\sin((\nu(t)-\mu(t));\ \ \lambda_3(t) = \cos\theta(t)\cdot\cos((\nu(t)+\mu(t)). \tag{2}$$

Використаємо кватерніон (2) для отримання еталонної моделі обертання твердого тіла. У випадку, коли кути є лінійними функціями часу $\theta(t) = k_1 t$, $\nu(t) = k_2 t$, $\mu(t) = k_3 t$, проекції вектора кутової швидкості на зв'язані осі можна отримати з оберненого кінематичного рівняння $\omega = 2\tilde{\Lambda}(t)\circ\dot{\Lambda}(t)$, а квазікоординати модельного руху визначаться як перші різниці компонент вектора позірного повороту

$$\theta^*_{ni} = \theta_i(t_n) - \theta_i(t_{n-1}),\ i = 1,2,3, \tag{3}$$

де

$$\theta_1(t) = \frac{k_1}{k_3}\sin(2k_3 t) + \frac{k_2}{2k_1 - 2k_3}\sin(2k_1 - 2k_3)t - \frac{k_2}{2k_1 + 2k_3}\sin(2k_1 + 2k_3)t\,;$$
$$\theta_2(t) = \frac{k_1}{k_3}(\cos(2k_3 t) - 1) - \frac{k_2}{2k_1 - 2k_3}(\cos(2k_1 - 2k_3)t - 1) - \frac{k_2}{2k_1 + 2k_3}(\cos(2k_1 + 2k_3)t - 1)\,;$$
$$\theta_3(t) = \frac{k_2}{k_1}\sin(2k_1 t) + 2k_3 t\,. \tag{4}$$

В результаті чисельного експерименту для кінематичної моделі (2) при різних значеннях k_1, k_2, k_3 побудовані траєкторії $\lambda_i(\lambda_k)$, $(i > k)$ в конфігураційному просторі параметрів, вигляд яких відрізняється від характерного вигляду траєкторій, що мають місце у випадку моделі регулярної прецесії. Для відомих алгоритмів визначення орієнтації четвертого порядку за допомогою еталонної моделі (2) – (4) отримані оцінки точності у вигляді похибок дрейфу. Наводяться результати аналізу точності алгоритмів для різних реалізацій моделі.